Aulas 7 e 8

Termodinâmica

Introdução

A Termodinâmica estuda as trocas de energia entre um sistema e sua vizinhança, o que pode ocorrer através de trocas de calor e/ou realização de trabalho.

A variação da energia interna

Para uma porção de gás ideal monoatômico inerte (que não sofre reações químicas), a variação da energia interna é dada por:

$$\Delta U_{mono} = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

Assim, o aumento de temperatura implica o aumento da energia interna:

$$\Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0$$

A diminuição de temperatura implica a diminuição da energia interna:

$$\Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0$$

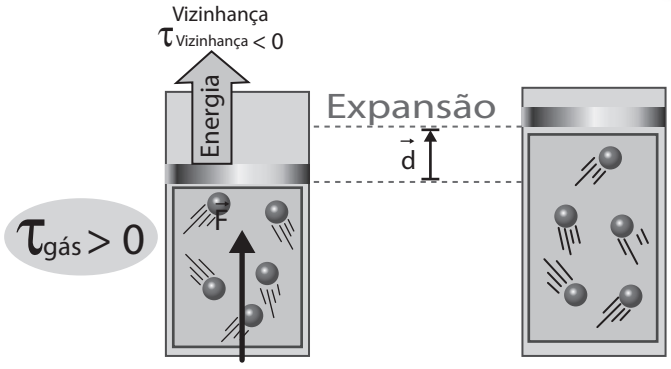
Temperatura constante implica energia interna constante:

$$\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0,$$

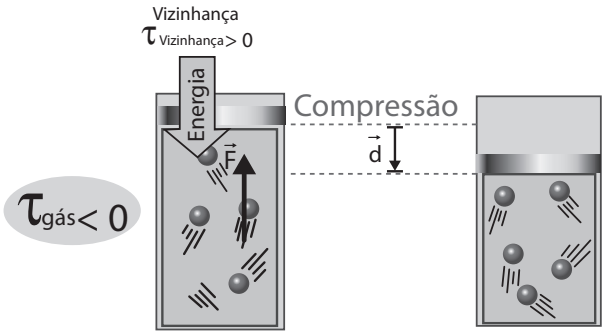
Trabalho realizado pelo gás ($\tau_{gás}$)

As moléculas do gás exercem pressão sobre as paredes do recipiente sempre empurrando-a ao colidir com ela.

Quando o gás se expande, ele realiza trabalho sobre a vizinhança, transferindo energia para a vizinhança. Por convenção, adotaremos o sinal positivo para o trabalho realizado pelo gás.



Contudo, quando o gás é comprimido, é a vizinhança quem realiza trabalho sobre o gás, transferindo energia para ele. A fim de diferenciar essa situação da anterior, adotaremos o sinal negativo para o trabalho sobre o gás, pois a força das partículas do gás é resistente à compressão.



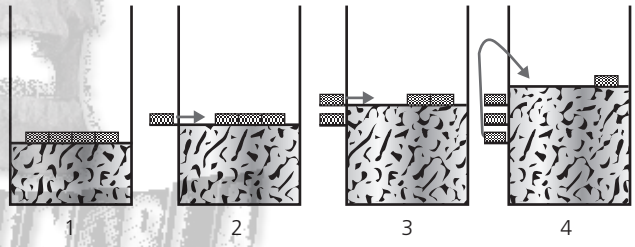
Na expansão: o gás fornece energia ao meio externo na forma de trabalho $\tau_{gás} > 0$. Dizemos que o gás realiza trabalho sobre o meio.

Na compressão: o gás recebe energia do meio externo na forma de trabalho $\tau_{gás} < 0$. Dizemos que o meio realiza trabalho sobre o gás.

Cálculo gráfico do trabalho

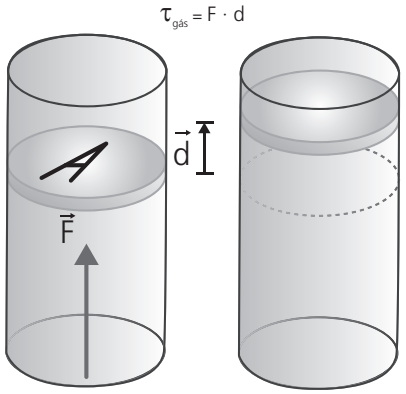
Para encontrar o valor do trabalho realizado pelo gás, vamos considerar que as transformações sofridas pela massa gasosa são muito lentas, conhecidas como quase estáticas.

Um exemplo prático de transformação quase estática é quando colocamos várias folhas de papel sobre o êmbolo móvel que veda um recipiente que contém um gás. Quando retiramos uma folha, o gás expande-se sofrendo um decréscimo de pressão tão pequeno que, para cada etapa dessa transformação, podemos considerar a pressão praticamente constante.



Em uma transformação com pressão constante, podemos encontrar o valor do trabalho realizado pela força exercida pelo gás no êmbolo através da seguinte expressão:

$$\tau_{gás} = F \cdot d$$



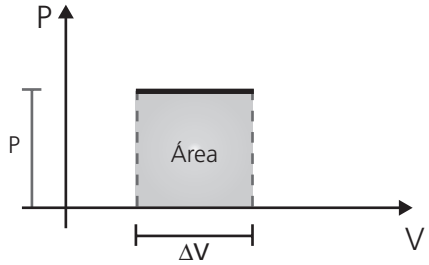
Conforme estudado na mecânica:

$$p = \frac{F}{A} \therefore F = p \cdot A$$

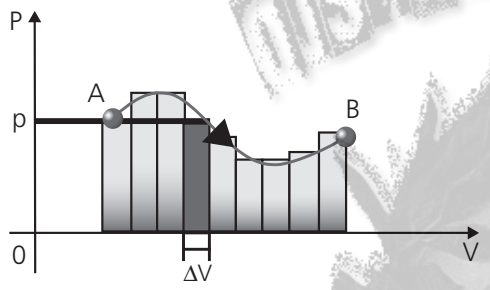
Assim: $\tau_{gás} = p \cdot A \cdot d$

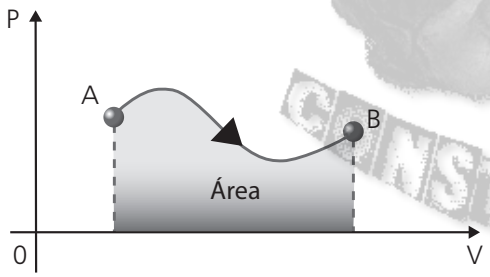
Sendo que A · d representa a variação do volume sofrida pelo gás, $\tau_{gás} = p \cdot \Delta V$ (válida apenas para pressão constante).

É fácil ver que esse produto p · ΔV representa a "área" do diagrama p × V:

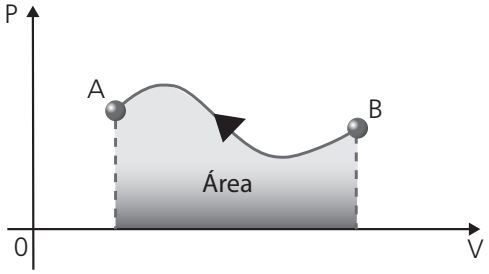


Note-se ainda que essa propriedade do gráfico pode ser expandida para todos os casos em que a pressão varia quase estaticamente (isso porque, nesses casos, podemos considerar que a transformação pode ser estudada como uma série de processos em que a pressão se manteve quase constante a cada variação de volume pequena).





Em uma expansão (AB): $\tau_{gás} = +$ "Área"

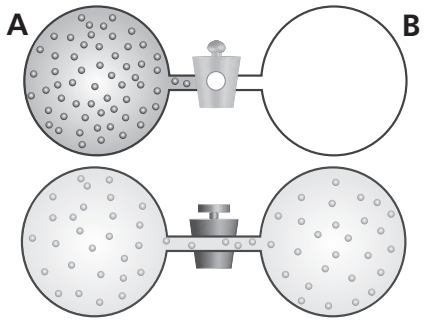


Em uma compressão (BA): $\tau_{gás} = -$ "Área"

Observação:

Um sistema não troca trabalho com a vizinhança se seu volume não variar, empurrando a vizinhança ou sendo empurrado por ela.

Expansão livre



Imagine um recipiente A cheio de gás ideal conectado a outro recipiente, B, vazio (vácuo). Ao abrirmos a válvula, o gás concentrado em A irá se expandir ocupando ambos os recipientes (A e B). Nessa expansão, o gás não irá exercer força sobre um êmbolo ou sobre outro gás. Sem força, não haverá trabalho. Assim:

Em uma expansão livre, não há realização de trabalho.

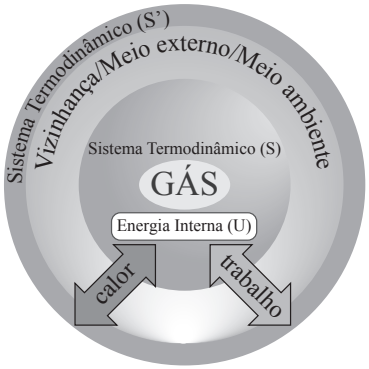
Calor

Por convenção:

Gás recebe calor → $Q_{gás} > 0$

Gás perde calor → $Q_{gás} < 0$

1ª Lei da Termodinâmica



A Primeira Lei da Termodinâmica é uma aplicação do princípio da conservação da energia.

De acordo com a convenção de sinais que fizemos:

- quando o gás realiza trabalho, ele perde energia;
- quando $\tau_{gás} > 0$, o gás realiza trabalho e perde energia;
- quando $Q_{gás} > 0$, o gás recebe calor e ganha energia.

Assim, podemos escrever que a variação da energia interna do gás ($\Delta U_{gás}$) é dada por:

$$\boxed{\Delta U_{gás} = Q_{gás} - \tau_{gás}}$$

Essa análise foi feita com um corpo no estado gasoso. Contudo, pode ser estendida para qualquer sistema termodinâmico:

$$\boxed{\Delta U_{sistema} = Q_{sistema} - \tau_{sistema}}$$

Atente para o fato de que essas grandezas podem ser positivas, negativas ou nulas.

Transformação isotérmica de um gás ideal

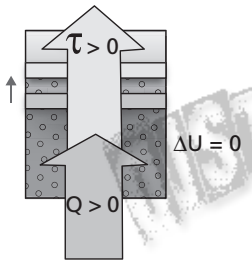
A temperatura mantém-se constante.

$$\mathbf{\Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0}$$

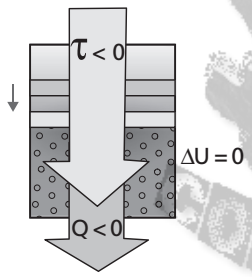
Da primeira lei: $Q = \tau$

Dessa forma, o trabalho trocado com o meio e o calor são iguais.

I. Se o gás recebe calor, essa energia é integralmente utilizada para realizar trabalho.



II. Se o gás recebe trabalho, ele cede para o meio externo igual quantidade de calor.



Transformação isocórica de um gás ideal

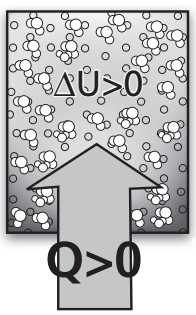
O volume do gás mantém-se constante. Com isso, o sistema não troca trabalho com o meio externo.

$$\tau = 0$$

Da primeira lei: $\Delta U = Q$

A variação da energia interna do gás equivale ao calor trocado com o meio.

I. Se o sistema recebe calor, sua energia interna aumenta.



II. Se o sistema cede calor, sua energia interna diminui.

Calor específico

Pode-se usar a equação da calorimetria:

$$\boxed{Q_v = \Delta U_v = mc_v\Delta T}$$

Mas, fazendo $C_v = c_vM$, onde M é a massa molar do gás, trabalha-se com o número de mols (**n**) em vez de utilizar a massa (**m**):

$$\boxed{Q_v = \Delta U_v = nC_v\Delta T}$$

C_v é o calor específico molar a volume constante medido em $\frac{J}{mol \cdot k}$.

Aprofundamento:

Para um gás monoatômico: $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = nC_v\Delta T$, então: $C_v = \frac{3}{2}R$.

Para um gás diatômico: $\Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T = nC_v\Delta T$, então: $C_v = \frac{5}{2}R$.

Transformação isobárica

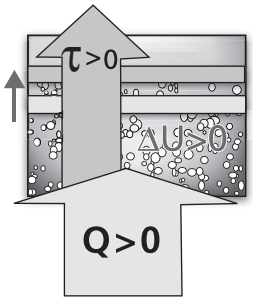
A pressão mantém-se constante.

Analisa-se essa transformação através da equação de Clapeyron.

$$\boxed{P \cdot V = n \cdot R \cdot T}$$

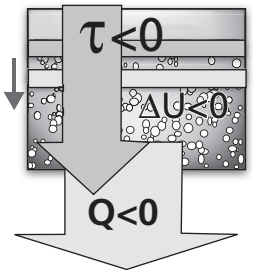
Assim, a temperatura é diretamente proporcional ao volume.

I. Em uma expansão isobárica, o gás realiza trabalho $\tau > 0$ e a temperatura aumenta, logo, $\Delta U > 0$.

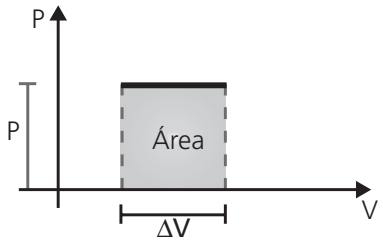


Da primeira lei: $Q = \Delta U + \tau$

II. Em uma compressão isobárica, o meio realiza trabalho sobre o gás $\tau < 0$ e a temperatura diminui, logo, $\Delta U < 0$.



Cálculo do trabalho



Sendo **p** constante, pode-se expressar, através da equação de Clapeyron:

$$\tau_p = p \cdot \Delta V = n \cdot R \cdot \Delta T$$

Calor específico

Pode-se usar a equação da calorimetria:

$$Q_p = \Delta U_p + \tau_p = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Ou, utilizando-se o calor molar, $Q_p = n \cdot C_p \cdot \Delta T$.

Relação entre os valores dos calores específicos

Note, entretanto, que parte do calor fornecido é utilizado para realizar trabalho. Portanto, é mais difícil (despende mais calor) aumentar a temperatura de um sistema gasoso à pressão constante do que o fazer a volume constante.

Logo: Cp > Cv

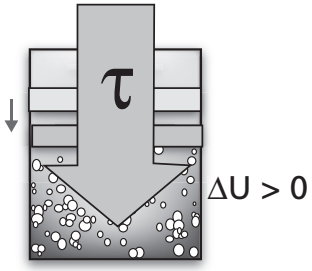
É possível demonstrar, também, que a diferença entre Cp e Cv é a constante universal dos gases: Cp – Cv = R.

Transformação adiabática

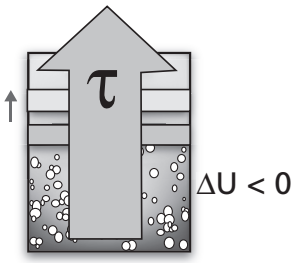
Não há troca de calor entre o sistema e o meio externo. Assim, toda a energia recebida ou cedida pelo sistema ocorre na forma de trabalho.

Sendo Q = 0, da primeira lei, tem-se: $\Delta U = -\tau$.

I. Em uma compressão adiabática, o gás sofre (recebe) trabalho $\tau < 0$, assim, sua energia interna aumenta $\Delta U > 0$. O gás aquece.



II. Em uma expansão adiabática, o gás realiza trabalho $\tau > 0$, assim, sua energia interna diminui $\Delta U < 0$. O gás resfria.



Expoente de Poisson

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

O expoente de Poisson é uma característica do gás que depende apenas da atomicidade da molécula. Para monoatômicos 1,7; para diatômicos 1,4; para poliatômicos 1,3.

Na transformação adiabática, constata-se que:

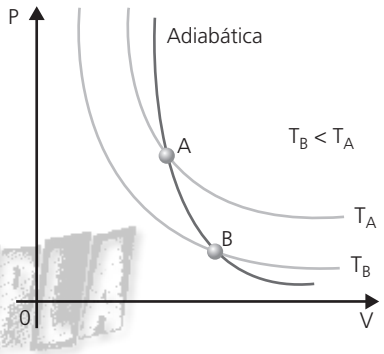
$$p \cdot V^{\gamma} = \text{constante}$$

De acordo com essa expressão, se o volume dobrar, a pressão cairá mais do que pela metade, reduzindo o produto PV e, portanto, a temperatura.

$$\mathbf{pV^{\gamma} = pV^{\gamma}}$$

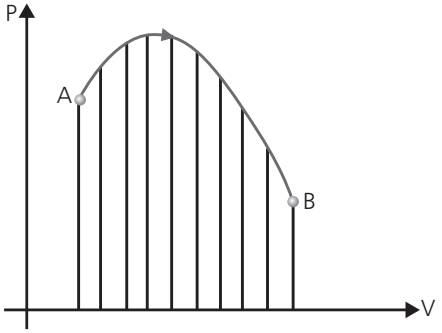
Gráfico

O gráfico da adiabática é semelhante a uma hipérbole. Contudo, é inclinado em relação às isotérmicas.



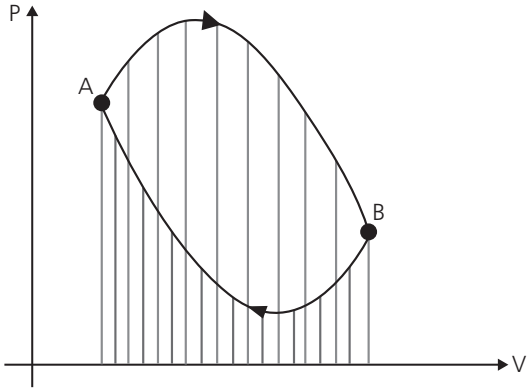
Transformação cíclica

Considere um gás que sofre uma transformação do estado A para o estado B, de acordo com o diagrama abaixo.



Nessa transformação, o gás realizou trabalho sobre o meio externo.

Considere agora que esse mesmo gás vá voltar para o estado inicial, sofrendo uma compressão que tenha valores de pressão menores do que os observados na expansão sofrida anteriormente.



Nessa compressão, o meio externo realizou trabalho sobre o gás. Contudo, o trabalho realizado pelo gás foi maior que o trabalho realizado sobre o gás, o que dá um saldo positivo de trabalho.

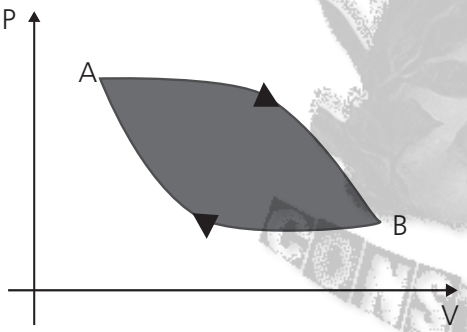
$$\tau_{ciclo} = \tau_{AB} + \tau_{BA}$$

$$\tau_{ciclo} = (+ \text{ Área Azul}) + (- \text{ Área Vermelha})$$

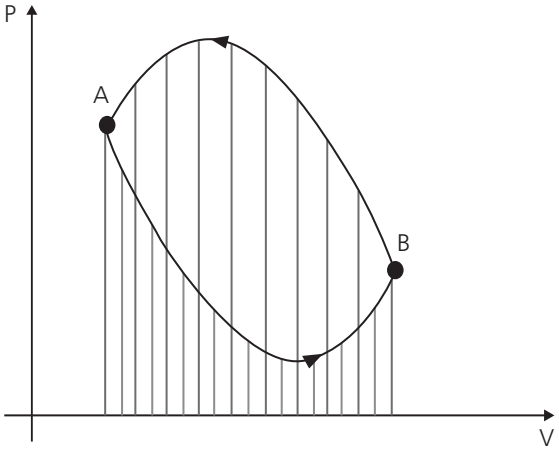
$$\tau_{ciclo} = \text{Área interna}$$

Logo, no sentido horário:

τ_{ciclo} = +"Área interna" $\rightarrow$ o trabalho realizado é maior do que o trabalho recebido.



Quando o gás sofre uma transformação no sentido anti-horário:

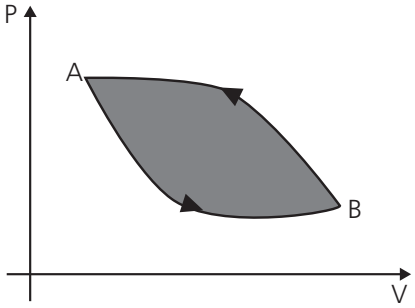


$$\tau_{ciclo} = \tau_{AB} + \tau_{BA}$$

$$\tau_{ciclo} = (+ \text{ Área Azul}) + (- \text{ Área Vermelha})$$

$$\tau_{ciclo} = - \text{ Área interna}$$

Logo, no sentido anti-horário:



τ_{ciclo} = –"Área interna" $\rightarrow$ o trabalho recebido é maior do que o trabalho realizado.

Importante!

Em qualquer transformação cíclica, a variação da energia interna é nula. Isso ocorre porque, independentemente dos estados intermediários, os estados inicial e final são coincidentes.

$$\boxed{\Delta U_{ciclo} = 0}$$

$$Q_{ciclo} - \tau_{ciclo} = 0$$

$$\boxed{Q_{ciclo} = \tau_{ciclo}}$$

Veremos mais adiante que as transformações cíclicas dos gases são utilizadas nas:

- máquinas térmicas (transformações no sentido horário).

$$\boxed{Q_{ciclo} = \tau_{ciclo} > 0}$$

As máquinas térmicas recebem calor e realizam trabalho.

- e nas máquinas frigoríficas (transformações no sentido anti-horário).

$$\boxed{Q_{ciclo} = \tau_{ciclo} < 0}$$

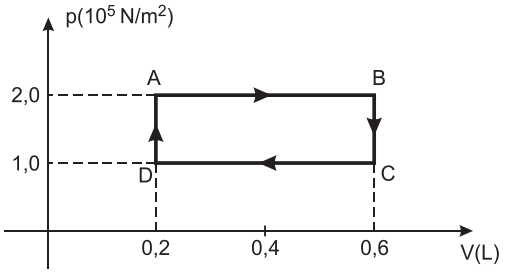
As máquinas frigoríficas recebem trabalho e cedem calor.

Exercícios de Fixação

01. (EsPCEx (Aman)/2012) Um gás ideal sofre uma compressão isobárica sob a pressão de $4 \cdot 10^3$ N/m^2 e o seu volume diminui 0,2 m^3. Durante o processo, o gás perde $1,8 \cdot 10^3$ J de calor. A variação da energia interna do gás foi de:

A) $1,8 \cdot 10^3$ J
B) $1,0 \cdot 10^3$ J
C) $-8,0 \cdot 10^2$ J
D) $-1,0 \cdot 10^3$ J
E) $-1,8 \cdot 10^3$ J

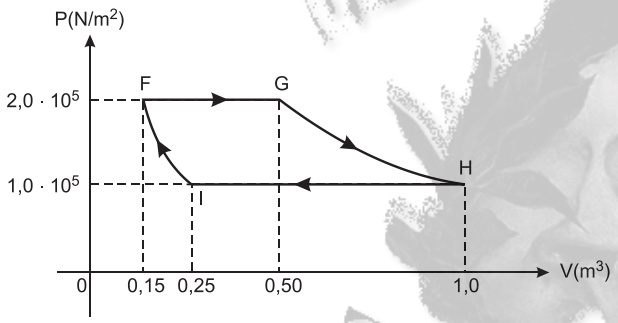
02. (EPCar (AFA)/2011) O diagrama a seguir representa um ciclo realizado por um sistema termodinâmico constituído por **n** mols de um gás ideal.



Sabendo-se que em cada segundo o sistema realiza 40 ciclos iguais a este, é correto afirmar que a(o)

A) potência desse sistema é de 1600 W.
B) trabalho realizado em cada ciclo é – 40 J.
C) quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente em cada ciclo é nula.
D) temperatura do gás é menor no ponto C.

03. (EsPCEx (Aman)/2015) Em uma fábrica, uma máquina térmica realiza, com um gás ideal, o ciclo FG e HIF no sentido horário, conforme o desenho a seguir. As transformações FG e HI são isobáricas, GH é isotérmica e IF é adiabática. Considere que, na transformação FG, 200 kJ de calor tenham sido fornecidos ao gás e que na transformação HI tenha perdido 220 kJ de calor para o meio externo.

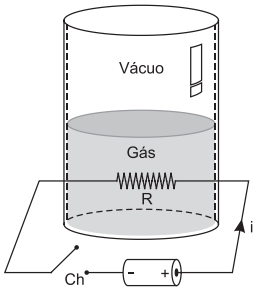


desenho ilustrativo-fora de escala

A variação de energia interna sofrida pelo gás na transformação adiabática IF é,

A) – 40 kJ
B) – 20 kJ
C) 15 kJ
D) 25 kJ
E) 30 kJ

04. (EPCar (Afa)/2016) Um cilindro adiabático vertical foi dividido em duas partes por um êmbolo de 6,0 kg de massa que pode deslizar sem atrito. Na parte superior, fez-se vácuo e na inferior foram colocados 2 mols de um gás ideal monoatômico. Um resistor de resistência elétrica ôhmica R igual a 1 Ω é colocado no interior do gás e ligado a um gerador elétrico que fornece uma corrente elétrica **i**, constante, de 400 mA, conforme ilustrado na figura a seguir.



Fechando-se a chave Ch durante 12,5 min, o êmbolo desloca-se 80 cm em uma expansão isobárica de um estado de equilíbrio para outro. Nessas condições, a variação da temperatura do gás foi, em °C, de

A) 1,0.
B) 2,0.
C) 3,0.
D) 5,0.

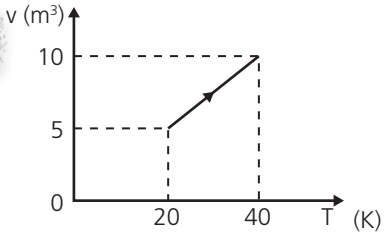
05. (Esc. Naval/2013) Considere que 0,40 gramas de água vaporize isobaricamente à pressão atmosférica. Sabendo que, nesse processo, o volume ocupado pela água varia de 1,0 litro, pode-se afirmar que a variação da energia interna do sistema, em kJ, vale
Dados: calor latente de vaporização da água = $2{,}3 \cdot 10^6$ J/kg;
Conversão: 1 atm = $1{,}0 \cdot 10^5$ Pa.

A) –1,0.
B) –0,92.
C) 0,82.
D) 0,92.
E) 1,0.

06. (EsPCEx/2016) Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de 800 J. Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

A) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
B) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
C) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
D) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
E) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

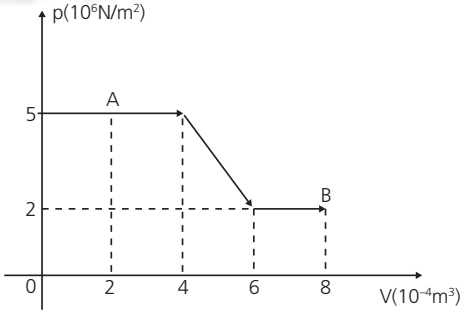
07. Em uma transformação termodinâmica sofrida por uma amostra de gás ideal, o volume e a temperatura absoluta variam como indica o gráfico a seguir, enquanto a pressão se mantém igual a 20 N/m².



Sabendo-se que nessa transformação o gás absorve 250 J de calor, pode-se afirmar que a variação de sua energia interna é de

A) 100 J
B) 150 J
C) 250 J
D) 350 J
E) 400 J

08.

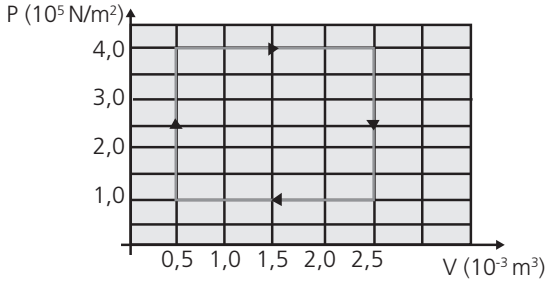


Um fluido se expande do estado A para o estado B, como indicado no diagrama da figura.

Analisando-se essas informações, é correto afirmar que o trabalho realizado nessa expansão, em kJ, é igual a:

A) 2,3.
B) 2,2.
C) 2,1.
D) 2,0.
E) 1,9.

09. Um gás ideal, com um volume inicial de 0,50 dm^3 e sob pressão inicial de $1,0 \times 10^5$ N/m^2, sofre a transformação cíclica representada no diagrama PV a seguir.



O trabalho realizado, a variação de energia interna e o calor absorvido no ciclo, em joules, valem, respectivamente:
A) zero, 600, 400.
B) 600, zero, 600.
C) 400, 400, 600.
D) 400, 600. zero.

10. Na tabela abaixo, E_{H2} e E_{O2} e V_{H2} e V_{O2} são, respectivamente, as energias cinéticas médias e as velocidades médias das moléculas de uma amostra de gás H_2 e de outra, de gás O_2, ambas em temperatura de 27 °C.

Gás	Temperatura (°C)	Energia cinética média	Velocidade média
H_2	27	E_{H_2},	V_{H_2}
O_2	27	E_{O_2}	VO_2

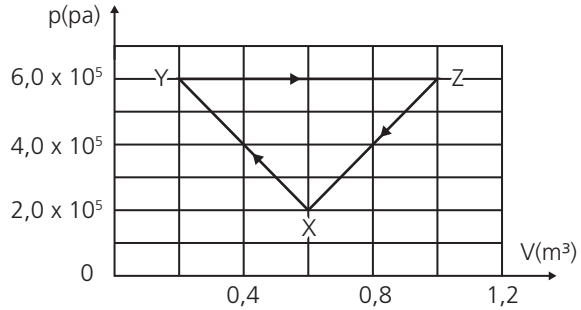
Assinale a alternativa que relaciona corretamente os valores das energias cinéticas médias e das velocidades médias das moléculas de H_2 e de O_2.
A) $E_{H_2} > E_{O_2}$ e $V_{H_2} > V_{O_2}$
B) $E_{H_2} < E_{O_2}$ e $V_{H_2} < V_{O_2}$
C) $E_{H_2} = E_{O_2}$ e $V_{H_2} > V_{O_2}$
D) $E_{H_2} = E_{O_2}$ e $V_{H_2} = V_{O_2}$
E) $E_{H_2} = E_{O_2}$ e $V_{H_2} < V_{O_2}$

Exercícios Propostos

01. Uma quantidade de ar sofre uma compressão adiabática, ou seja $pV^{7/5}$ = constante, onde **p** é a pressão e V o volume do gás. O volume diminui por um fator de 1/32 durante essa compressão. De quanto variou a pressão?
A) Diminuiu 16 vezes.
B) Aumentou 32 vezes.
C) Aumentou 64 vezes.
D) Aumentou 128 vezes.
E) Diminuiu 32 vezes.

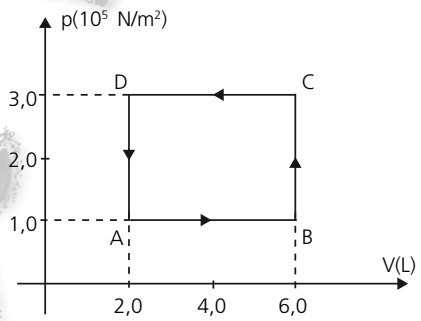
02. A variação da energia interna de um gás perfeito em uma transformação isobárica foi igual a 1200 J. Se o gás ficou submetido a uma pressão de 50 N/m^2 e a quantidade de energia que recebeu do ambiente foi igual a 2000 J, então, a variação de volume sofrido pelo gás durante o processo foi:
A) 10 m^3
B) 12 m^3
C) 14 m^3
D) 16 m^3

03. A figura a seguir apresenta o diagrama da pressão p(Pa) em função do volume V(m^3) de um sistema termodinâmico que sofre três transformações sucessivas: XY, YZ e ZX.



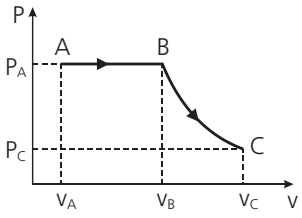
O trabalho total realizado pelo sistema após as três transformações é igual a
A) O
B) $1,6 \cdot 10^5$ J
C) $2,0 \cdot 10^5$ J
D) $3,2 \cdot 10^5$ J
E) $4,8 \cdot 10^5$ J

04. (EPCar (AFA)) Um sistema termodinâmico constituído de **n** mols de um gás perfeito monoatômico desenvolve uma transformação cíclica ABCDA representada no diagrama a seguir.



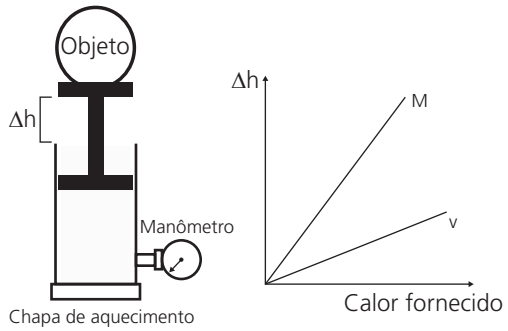
De acordo com o apresentado, pode-se afirmar que:
A) o trabalho em cada ciclo é de 800 J e é realizado pelo sistema.
B) o sistema termodinâmico não pode representar o ciclo de uma máquina frigorífica, uma vez que o mesmo está orientado no sentido anti-horário.
C) a energia interna do sistema é máxima no ponto D e mínima no ponto B.
D) em cada ciclo o sistema libera 800 J de calor para o meio ambiente.

05. A figura a seguir ilustra um processo termodinâmico em um gás. Sabendo que durante o processo ABC a variação da energia interna do gás foi igual a U e que o trabalho realizado pelo gás no processo BC foi igual a W, então a quantidade de calor transferida ao gás no processo ABC foi:



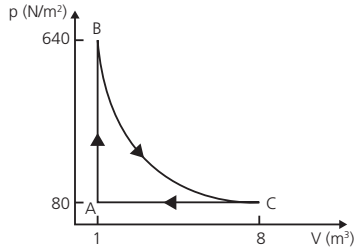
A) $U + V_A (P_A - P_C) + W$
B) $U + P_A (V_B - V_A) - W$
C) $U + V_C (P_A - P_C) + W$
D) $U + P_A (V_B - V_A) + W$

06. (Enem/2014) Um sistema de pistão contendo um gás é mostrado na figura. Sobre a extremidade superior do êmbolo, que pode movimentar-se livremente sem atrito, encontra-se um objeto. Através de uma chapa de aquecimento é possível fornecer calor ao gás e, com auxílio de um manômetro, medir sua pressão. A partir de diferentes valores de calor fornecido, considerando o sistema como hermético, o objeto elevou-se em valores Δh, como mostrado no gráfico. Foram estudadas, separadamente, quantidades equimolares de dois diferentes gases, denominados M e V.



A diferença no comportamento dos gases no experimento, decorre do fato de o gás M, em relação ao V, apresenta
A) maior pressão de vapor.
B) menor massa molecular.
C) maior compressibilidade.
D) menor energia de ativação.
E) menor capacidade calorífica.

07. (UFRGS) A figura a seguir apresenta um diagrama p × V que ilustra um ciclo termodinâmico, de um gás ideal. Este ciclo, com a realização de trabalho de 750 J, ocorre em três processos sucessivos. No processo AB o sistema sofre um aumento de pressão mantendo o volume constante; no processo BC, o sistema se expande, mantendo a temperatura constante e diminuindo a pressão; e finalmente, no processo CA, o sistema retorna ao estado inicial sem variar a pressão.

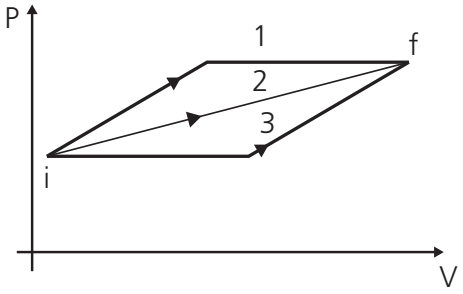


O trabalho realizado no processo BC e a relação entre as temperaturas T_A e T_B são, respectivamente,
A) 1310 J e $T_A = T_B/8$
B) 1310 J e $T_A = 8T_B$
C) 560 J e $T_A = T_B/8$
D) 190 J e $T_A = T_B/8$
E) 190 J e $T_A = 8T_B$

08. Um botijão de cozinha contém gás sob alta pressão. Ao abrirmos esse botijão, percebemos que o gás escapa rapidamente para a atmosfera. Como esse processo é muito rápido, podemos considerá-lo como um processo adiabático.

Considerando que a primeira lei da termodinâmica é dada por ΔU = Q – W, onde ΔU é a variação da energia interna do gás, Q é a energia transferida na forma de calor e W é o trabalho realizado pelo gás, é correto afirmar que:
A) A pressão do gás aumentou e a temperatura diminuiu.
B) O trabalho realizado pelo gás foi positivo e a temperatura do gás não variou.
C) O trabalho realizado pelo gás foi positivo e a temperatura do gás diminuiu.
D) A pressão do gás aumentou e o trabalho realizado foi negativo.

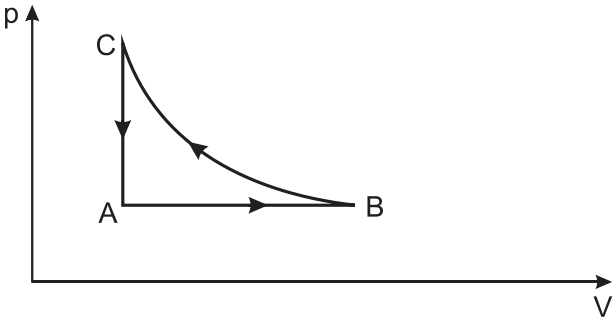
09. Uma certa quantidade de gás ideal é levada de um estado inicial a um estado final por três processos distintos, representados no diagrama p × V da figura a seguir. O calor e o trabalho associados a cada processo são, respectivamente, Q_1 e W_1, Q_2 e W_2, Q_3 e W_3. Está correto afirmar que:



A) $W_1 = W_2 = W_3$ e $Q_1 = Q_2 = Q_3$
B) $W_1 < W_2 < W_3$ e $Q_1 < Q_2 < Q_3$
C) $W_1 > W_2 > W_3$ e $Q_1 > Q_2 > Q_3$
D) $W_1 = W_2 = W_3$ e $Q_1 < Q_2 < Q_3$
E) $W_1 > W_2 > W_3$ e $Q_1 = Q_2 = Q_3$

10. Um gás ideal recebe 450 joules de calor de uma fonte térmica. Durante esse processo, esse gás acaba por perder para a vizinhança 90 joules de calor e, ao se expandir, realiza sobre essa vizinhança um trabalho de 1900 joules. De acordo com a primeira lei da termodinâmica, pode-se afirmar corretamente que
A) a temperatura do gás aumentou porque ele recebeu calor.
B) a temperatura do gás diminuiu porque ele perdeu calor.
C) a temperatura do gás diminuiu porque, apesar de ter um saldo positivo de calor recebido, realizou mais trabalho do que isso, reduzindo a energia interna e, portanto, a temperatura.
D) nenhuma das afirmativas anteriores é satisfatória.

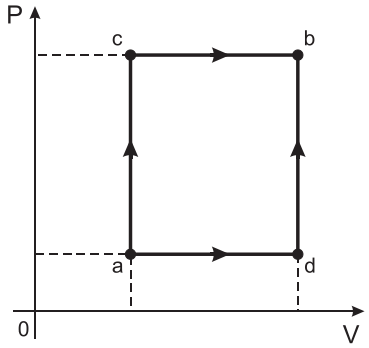
11. Certa quantidade de gás sofre três transformações sucessivas, A → B, B → C e C → A, conforme o diagrama p – V apresentado na figura abaixo.



A respeito dessas transformações, afirmou-se o seguinte:
I. O trabalho total realizado no ciclo ABCA é nulo;
II. A energia interna do gás no estado C é maior que no estado A;
III. Durante a transformação A → B, o gás recebe calor e realiza trabalho.

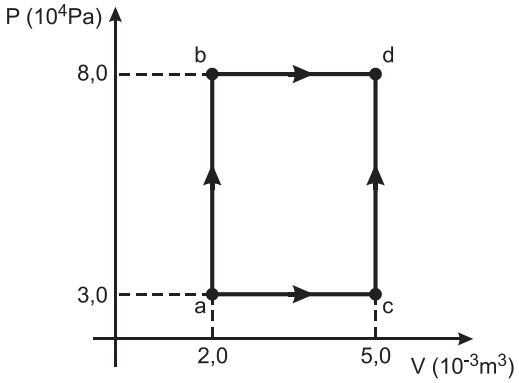
Está correto o que se afirma em:
A) I
B) II
C) III
D) I e II
E) II e III

12. O diagrama PV para uma determinada amostra de gás está representado na figura a seguir. Se o sistema é levado do estado **a** para o estado **b**, ao longo do percurso **acb**, fornece-se a ele uma quantidade de calor igual a 100 cal, e ele realiza um trabalho de 40 cal. Se, por meio do percurso **adb**, o calor fornecido é de 72 cal, então o trabalho realizado vale em cal:



A) 28.
B) 60.
C) 12.
D) 40.
E) 24.

13. No diagrama PV, a seguir, está representada uma série de processos termodinâmicos. No processo ab, 250 J de calor são fornecidos ao sistema, e, no processo bd, 600 J de calor são fornecidos ao sistema.

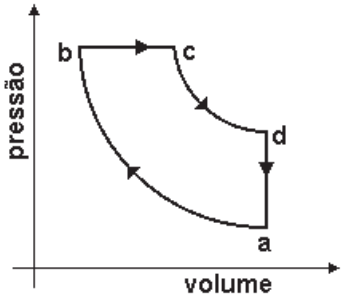


Analise as afirmações que se seguem.
I. O trabalho realizado no processo ab é nulo.
II. A variação de energia interna no processo ab é 320 J.
III. A variação de energia interna no processo abd é 610 J.
IV. A variação de energia interna no processo acd é 560 J.

É correto afirmar que apenas a(as) afirmação(ões)
A) II e IV estão corretas.
B) IV está correta.
C) I e III estão corretas.
D) III e IV estão corretas.
E) II e III estão corretas.

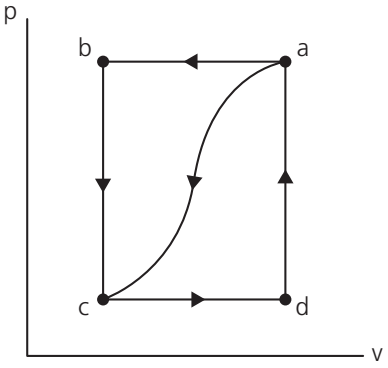
14. Um gás ideal sofre uma compressão isobárica sob a pressão de $4 \cdot 10^3$ N/m² e o seu volume diminui 0,2 m³. Durante o processo, o gás perde $1,8 \cdot 10^3$ J de calor. A variação da energia interna do gás foi de:
A) $1,8 \cdot 10^3$ J
B) $1,0 \cdot 10^3$ J
C) $-8,0 \cdot 10^2$ J
D) $-1,0 \cdot 10^3$ J
E) $-1,8 \cdot 10^3$ J

15. O "ciclo diesel", mostrado na figura seguir, representa o comportamento aproximado de um motor diesel. A substância de trabalho desse motor pode ser considerada um gás ideal. O processo a → b é uma compressão adiabática, o processo b → c é uma expansão a pressão constante, o processo c → d é uma expansão adiabática e o processo d → a é resfriamento a volume constante. Com relação a esses processos, assinale a opção correta.



A) No processo a → b a energia interna do sistema não varia.
B) No processo b → c a energia interna do sistema diminui.
C) No processo c → d a energia interna do sistema diminui.
D) No processo d → a a energia interna do sistema aumenta.
E) No ciclo completo a variação da energia interna é positiva.

16. A figura apresenta três possíveis transformações de fase de um gás, desde o estado **a** até o estado **c**. Na transformação de **a** até c, ao longo do caminho curvo do diagrama PV, o trabalho realizado pelo gás é de W = −35 J e o calor absorvido pelo gás é Q = −63 J. Ao longo do caminho **abc**, o trabalho realizado pelo gás é de W = −48 J.



Com base na figura, no enunciado e nos conhecimentos sobre o assunto, considere as afirmativas a seguir.

I. Para o caminho abc, a quantidade de calor Q absorvida pelo gás vale −76 J.

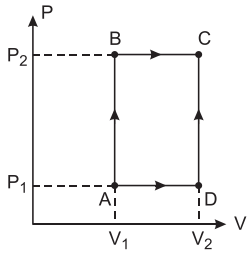
II. Se a pressão $P_c = \frac{1}{2} P_b$, o trabalho W para o caminho cda vale 14 J.

III. Se a diferença de energia interna $U_d - U_c = 15$ J, a quantidade de calor Q cedida para o caminho da vale 15 J.

IV. Se a diferença de energia interna $U_d - U_c = 5$ J, a quantidade de calor Q cedida para o caminho da vale 23 J.

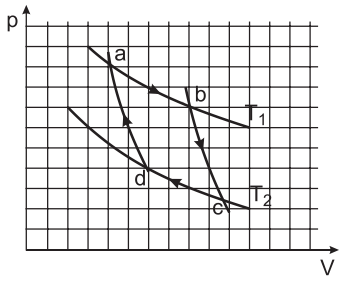
Assinale a alternativa correta.
A) Somente as afirmativas I e II são corretas.
B) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
C) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
D) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
E) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

17. O diagrama PV mostrado a seguir ilustra dois processos termodinâmicos: 1 ABC e 2 ADC, em que um gás ideal é levado de um estado A para outro C. Considerando $V_2 = 2V_1$ e $P_2 = 4P_1$, é correto afirmar:



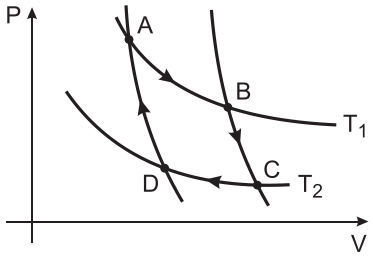
A) O trabalho realizado pelo gás ao longo do processo ADC é maior do que o trabalho realizado ao longo do processo ABC.
B) A energia interna do gás é maior no estado B.
C) O trabalho realizado pelo gás ao longo do processo ABC é $4\ P_1V_1$.
D) A razão T_A/T_B, em que T_A e T_B representam às temperaturas do gás nos estados A e B, é 1/8.

18. No diagrama p x V a seguir, está representado o ciclo termodinâmico da máquina de Carnot, considerada ideal porque tem o maior rendimento entre as máquinas térmicas. O sistema recebe calor da fonte quente à temperatura T_1 e transfere calor para a fonte fria à temperatura T_2.



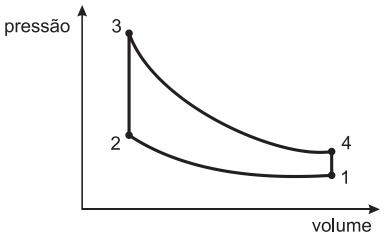
Com relação às transformações termodinâmicas que constituem esse ciclo, é correto afirmar que o sistema passa por uma:
A) expansão adiabática entre os estados **b** e **d** (b → d).
B) expansão isovolumética entre os estados **b** e **c** (b → c).
C) compressão isobárica entre os estados **c** e **d** (c → d).
D) expansão isotérmica entre os estados **a** e **b** (a → b).
E) compressão isotérmica entre os estados **d** e **a** (d → a).

19. O ciclo da Carnot é constituído de duas transformações isotérmicas a temperaturas T_1 e T_2 e duas transformações adiabáticas. Considere o diagrama P × V a seguir e o sentido do ciclo ABCDA. É correto afirmar:



A) As variações da energia interna ΔU nos processos BC e DA são nulas.
B) As variações da energia interna ΔU nos processos AB e CD são nulas.
C) a temperatura associada ao processo isotérmico AB é menor do que a temperatura associada ao processo isotérmico CD.
D) Ao final do ciclo ABCDA, o trabalho realizado é igual à variação da energia interna ΔU de ciclo.

20. O ciclo Otto é um ciclo termodinâmico constituído por dois processos adiabáticos e dois processos isovolumétricos, como mostra o gráfico a seguir.



Em um motor que opera segundo este ciclo, um pistão inicialmente na posição correspondente ao máximo volume, estado 1, comprime o ar até que atinja o volume mínimo, estado 2. Então ocorre a combustão, resultando em um súbito aumento da pressão enquanto o volume permanece constante, levando o ar ao estado 3. O processo que segue é a ejeção de potência quando o ar expande adiabaticamente para o estado 4. No processo final, o calor é transferido para a vizinhança e o ciclo é completado.

A partir das informações obtidas pela análise do gráfico representativo do ciclo Otto e de acordo com as leis da termodinâmica, é correto afirmar que:
A) o calor líquido trocado no ciclo é nulo, visto que a temperatura final é igual à temperatura inicial.
B) o sistema realiza um trabalho líquido nulo durante o ciclo, pois o volume final é igual ao volume inicial.
C) o trabalho realizado no processo de compressão adiabática é maior do que o realizado no processo de expansão adiabática.
D) o sistema absorve calor durante a compressão adiabática e rejeita calor durante a expansão adiabática.
E) a variação da energia interna no ciclo é zero, porque o estado final é igual ao estado inicial.

Gabarito

Exercícios de Fixação

AULAS 7 E 8: Termodinâmica									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	A	C	C	C	D	B	C	B	C

Exercícios Propostos

AULAS 7 E 8: Termodinâmica									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	D	B	D	D	E	A	C	C	C
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E	C	C	D	C	B	C	D	B	E

Supervisor(a): Marcelo Pena – **Autor(a):** Andrew Aquino
Digitador(a).: Georgenes – **Revisora.:** Karlla
OSG.: 028.840 – 151753/20